دراسة مواد البناء المستخدمة بمدرسة أحمد باشا القرمانلي (1150هـ/1738م) بمدينة طرابلس الغرب – ليبيا

جمال أحمد الموبر
جامعة المرقب

حمدان ربيع عطية المتولي
جامعة المرقب

الملخص

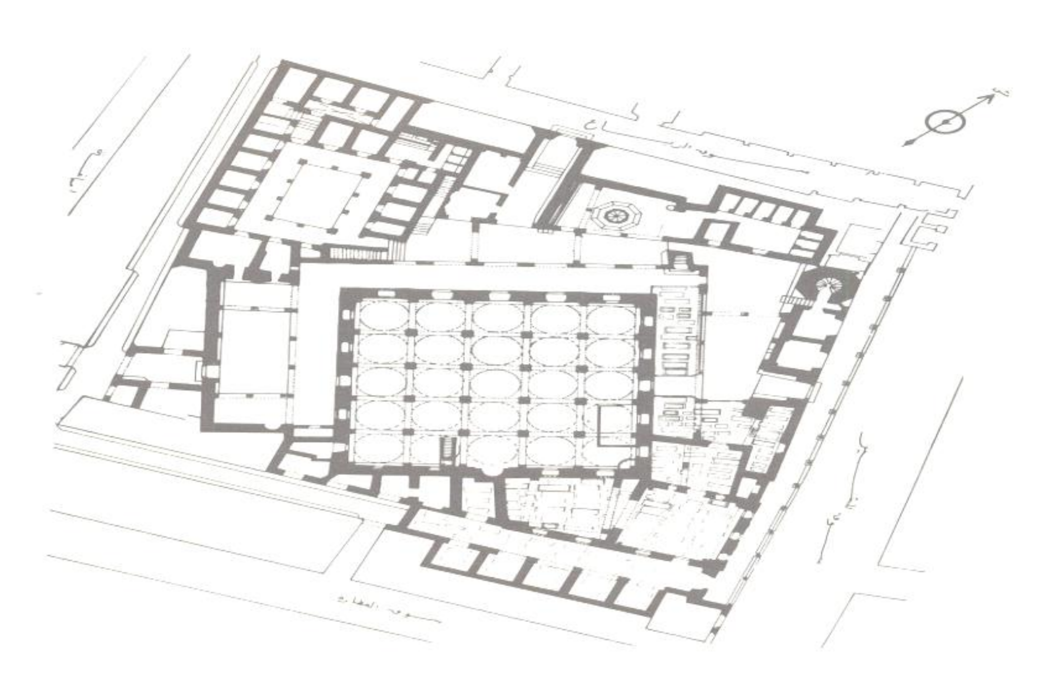
يهدف هذا البحث إلى دراسة مواد البناء المستخدمة في مدرسة أحمد باشا (1150 هـ/1738م)، وفهم دور تركيبها المعدني في ميكانيكية التلف، إضافة للتعرف على أهم مظاهر التلف الموجودة. لذا فقد اعتمدت هذه الدراسة على الزيارات الحقلية ومعطيات المناخ ونتائج دراسة التركيب المعدني لعينات من مواد البناء (الأحجار، الطوب الأحمر، المونة، الشيد والأملاح) المستخدمة في العناصر المعمارية والزخرفية بالمدرسة بكل من الميكروسكوب الالكتروني الماسح وطريقة حيود الأشعة السينية.

وقد بينت نتائج هذه الدراسة أن ميكانيكيات التلف بمدرسة أحمد باشا تعتمد على التركيب المعدني لمواد البناء كعامل تلف داخلي، والتغير في درجات الحرارة والرطوبة وسقوط الأمطار كعوامل تلف خارجية، ما أدى إلى وجود العديد من مظاهر التلف: الشقوق، الشقوق الدقيقة، فقد أجزاء، هشاشية، بقع بيضاء، التقشر، الترميم الخاطئ، وتساقط المونة وطبقات الشيد.

مقدمة. شهدت ليبيا ازدهاراً حضارياً في مجال العمارة والفنون على مر العصور الإسلامية التي مَرَّتْ بها، وينعكس تأثير المدارس المعمارية المتباينة الوافدة جنبا إلى جنب مع التأثيرات المحلية الموروثة على النتاج المعماري في ليبيا في العصر الإسلامي بصفة عامة، والعصر العثماني بمراحله الثلاث على وجه الخصوص.

وتوضح لنا المدارس العثمانية الباقية بمدينة طرابلس –رغم قلة عدد النماذج الباقية– سمات العمارة الدينية–التعليمية إبان العصر العثماني، وتمثل مدرسة أحمد باشا القرمانلي بطرابلس –موضوع البحث– أنموذجا لعمارة المدارس العثمانية في هذا السياق.

شيد هذه المدرسة أحمد باشا القرمانلي[1] (حكم. 1123–1158هـ/1711–1745م) مؤسس الأسرة القرمانلية (1123–1251هـ/1711–1835م)، وتقع هذه المدرسة في قلب مدينة طرابلس بسوق المشير، وهي ملحقة ضمن مجمع جامع أحمد باشا في مواجهة السرايا الحمراء جهة الجنوب الغربي، حيث يبلغ طول هذه الواجهة 53 م، كما تشرف الواجهة الشمالية على سوق الرباع، ويبلغ طولها 49 م، ويحده من الجنوب الغربي سوق النساء، والجنوب الشرقي سوق العطارة، وتبلغ المساحة الكلية للجامع بما في ذلك التربة والمدرسة حوالي 2252 متراً مربعاً[2]. ولهذه المدرسة واجهتان فقط: الرئيسة وهي الواجهة الصغيرة، ويوجد بها بابان، وتقع في الجهة الشمالية المطلة على مسجد أحمد باشا، وعلى وجه التحديد السقيفة الرائعة التي تتقدم المسجد (شكل1).



شكل (1) مدرسة أحمد باشا القرمانلي، عن: موسوعة الآثار الإسلامية في ليبيا، ج 1

وتتكون هذه المدرسة من أربع وحدات رئيسة: وحدة الصحن، عبارة عن مستطيل مكشوف طوله 6.50 م، وعرضه 4.25 م، ووحدة الخلاوى، وتستخدم كسكن للطلاب، والدور الأرضي،

والدور الأول، ووحدة المصلى (مستطيلة الشكل يبلغ طولها 4.70 م، وعرضها 3.60 م) التي استخدمت لعقد حلقات الدرس بالإضافة للصلاة، وأخيرا وحدة الميضأة ودورات المياه.

وعلى الرغم ممَّا لهذه المدرسة من أهمية أثرية وتاريخية وما تتضمنه من عناصر معمارية وزخرفية، فإنه –وللأسف– تتعرض هذه المدرسة للإهمال الشديد الذي أدى بدوره مع عوامل التلف الخارجية والداخلية إلى وصول المدرسة إلى حالة سيئة للغاية، قد تؤدي إلى فقد أحد المعالم الأثرية المهمة الملحقة بمجمع أحمد باشا. لذا فقد وقع الاختيار على مدرسة أحمد باشا لدراسة ما بها من مواد بناء ودور تركيبها المعدني وما بها من شوائب في عملية التلف، وأهم مظاهر التلف الموجودة، عسى أن تكون هذه الدراسة هي البداية لدراسات أخرى لإنقاذها وعلاج ما بها من مظاهر تلف.

1. المواد والطرق Materials and Methods

- الزيارات الحقلية والفحص البصري للمدرسة للتعرف على الحالة الراهنة وأخذ عينات من مواد البناء ونواتج التلف المختلفة.
- فحص العينات المأخوذة من مواد البناء (الأحجار، الطوب الأحمر، المونة، الشيد، والأخشاب) المستخدمة بمدرسة أحمد باشا بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM للتعرف على مظاهر التلف التي يصعب رؤيتها بالفحص البصري.
- تحليل العينات المأخوذة من مواد البناء (الأحجار، الطوب الأحمر، المونة والشيد والأملاح) المستخدمة بالمدرسة بطريقة حيود الأشعة السينية XRD للتعرف على المعادن المكونة لهذه المواد والشوائب الموجود بها.

2. النتائج Results

1.2 الفحص البصري The visual Examination

بينت نتائج الفحص البصري أن حالة مدرسة أحمد باشا سيئة للغاية، وتحتاج للتدخل السريع لعلاج العديد من مظاهر التلف الموجودة بها، والمتمثلة في: الشقوق، فقد أجزاء، سقوط مونة وطبقات الشيد، تقشر، ضعف وهشاشية بالأحجار المستخدمة، دهانات وكتابات على الجدران، بقع بيضاء نتيجة تبلور الأملاح، نمو النباتات، آثار حريق بالأخشاب الحاملة للسطح كما هو واضح باللوحات (1: 10).



لوحة (1) جزء من صحن المدرسة وتطل عليه بعض وحدات المدرسة
وتظهر الحالة السيئة التي آلت إليها المدرسة.



لوحة (2) جزء آخر من صحن المدرسة وتطل عليه بعض وحدات المدرسة
وتظهر الحالة السيئة التي آلت إليها المدرسة.



لوحة (3) شقوق مختلفة في الشكل والحجم بالجدران وتقشر بالأحجار
وتساقط في طبقات الشيد بمدرسة أحمد باشاء بمدينة طرابلس القديمة.



لوحة (4) بقع بيضاء نتيجة لتفلور الأملاح وارتفاع معدلات الرطوبة، إضافة إلى ضعف وتآكل في الأحجار وفقد في المونة وتساقط لطبقات الشيد، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.



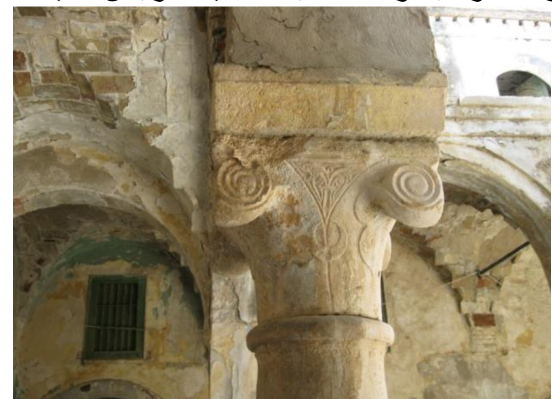
لوحة (5) تفلور الأملاح على سطح الطوب الأحمر وتساقط في القشرة السطحية له، إضافة إلى شقوق بطبقة الشيد بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة.



لوحة (6) تشويه بالجدران نتيجة لاستخدام دهانات حديثة على طبقات الشيد، مدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس



لوحة (7) نمو نباتات وتفلور أملاح مكونة بقع بيضاء وفقد أجزاء بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة.





لوحة (8) ترميم خاطئ وشقوق وفقد أجزاء، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.

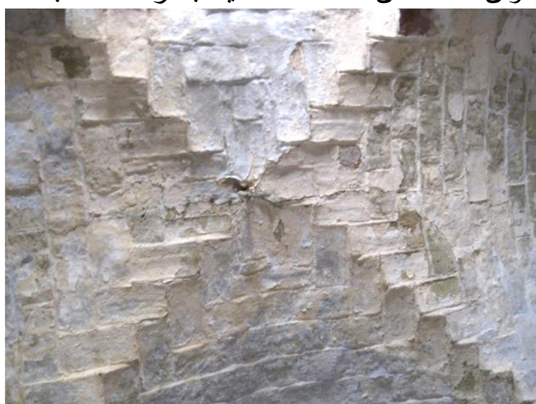








لوحة (9) شقوق بالأعمدة الرخامية وتشويه باستخدام ألوان مختلفة من الدهانات الحديثة بمدرسة أحمد باشا

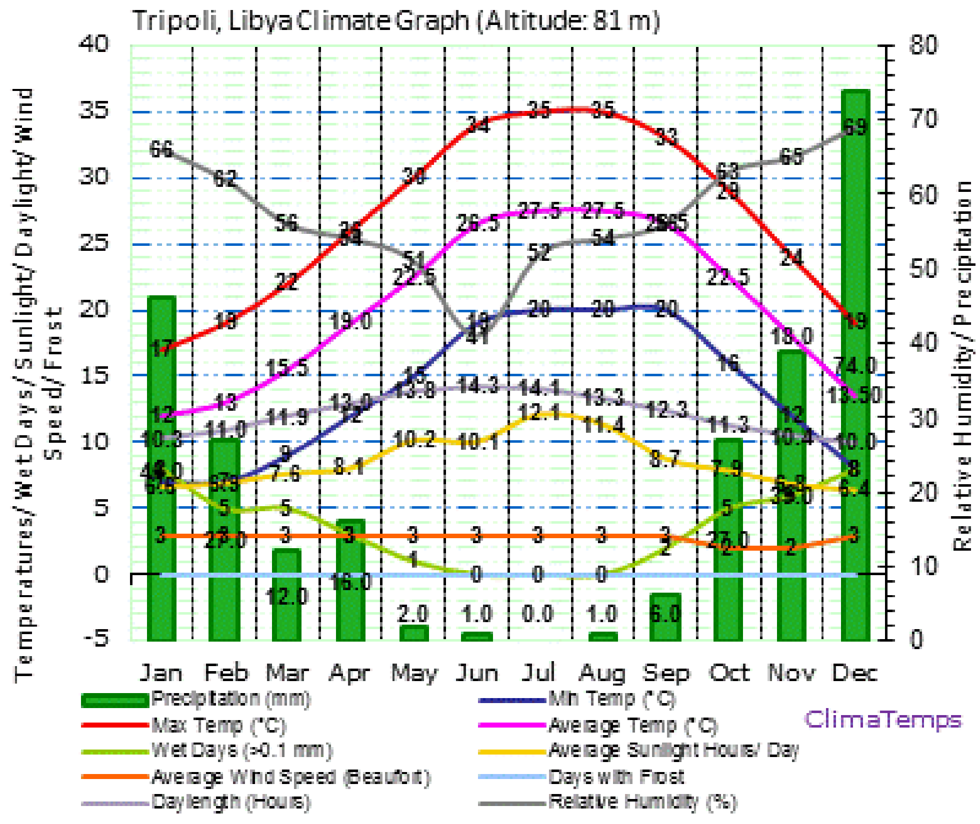




لوحة (10) بقع بيضاء نتيجة تفلور الأملاح وتشوية بالجدران بالكتابة عليها، مدرسة أحمد باشا

2.2 معطيات المناخ Climatic Data

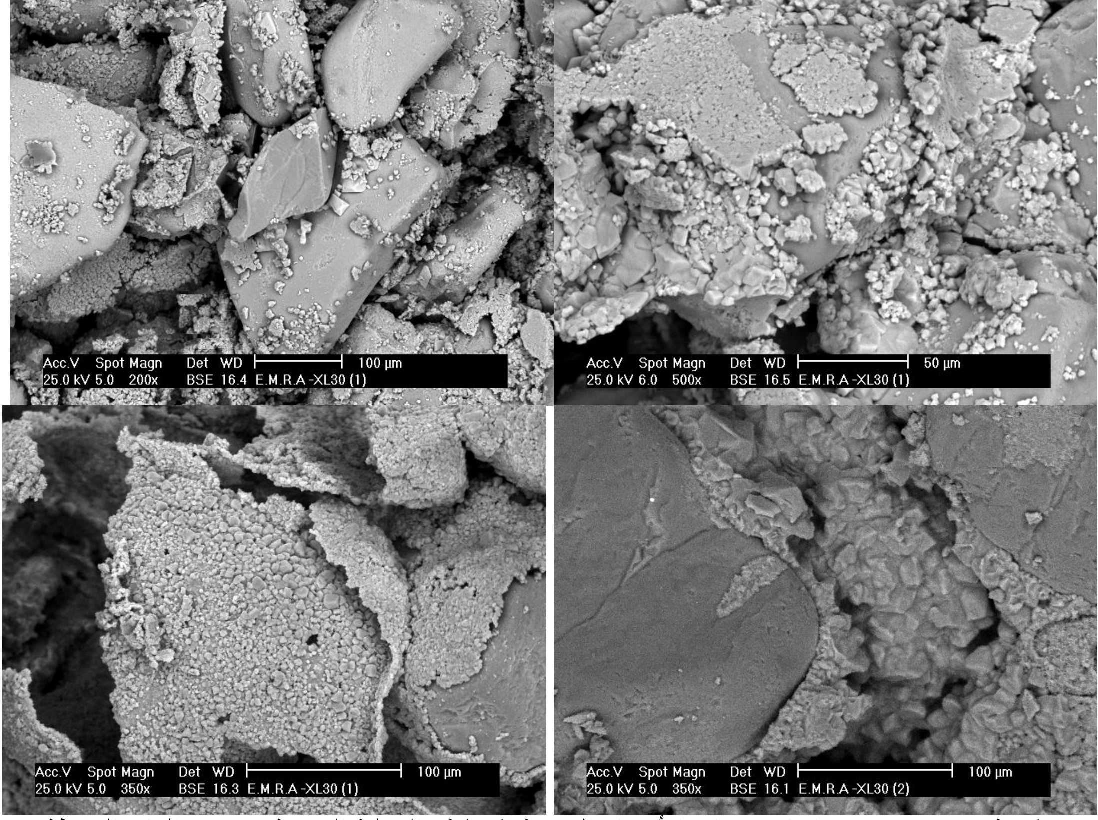
أظهرت معطيات المناخ لمنطقة الدراسة أن التغير في درجات الحرارة والرطوبة وسقوط الأمطار من أهم عوامل التلف الخارجية التي تعتمد عليها ميكانيكيات التلف بمدرسة أحمد باشا. فقد وجد أن هناك تبايناً كبيراً في درجات الحرارة والرطوبة بصفة يومية وموسمية، حيث يتروح الفارق اليومي والموسمي في درجات الحرارة ما بين 10°م إلى 15°م كما هو واضح بالشكل (2)، أما أعلى متوسط لمعدلات الرطوبة فيصل إلى 68% خلال شهر ديسمبر، في حين تصل إلى أقل معدلاتها في شهر يونيو 41%، كما يصل سقوط الأمطار لأعلى معدلاته على منطقة الدراسة خلال شهر يناير ونوفمبر، بينما ينعدم تماما في شهر يونيو حتى سبتمبر[3].



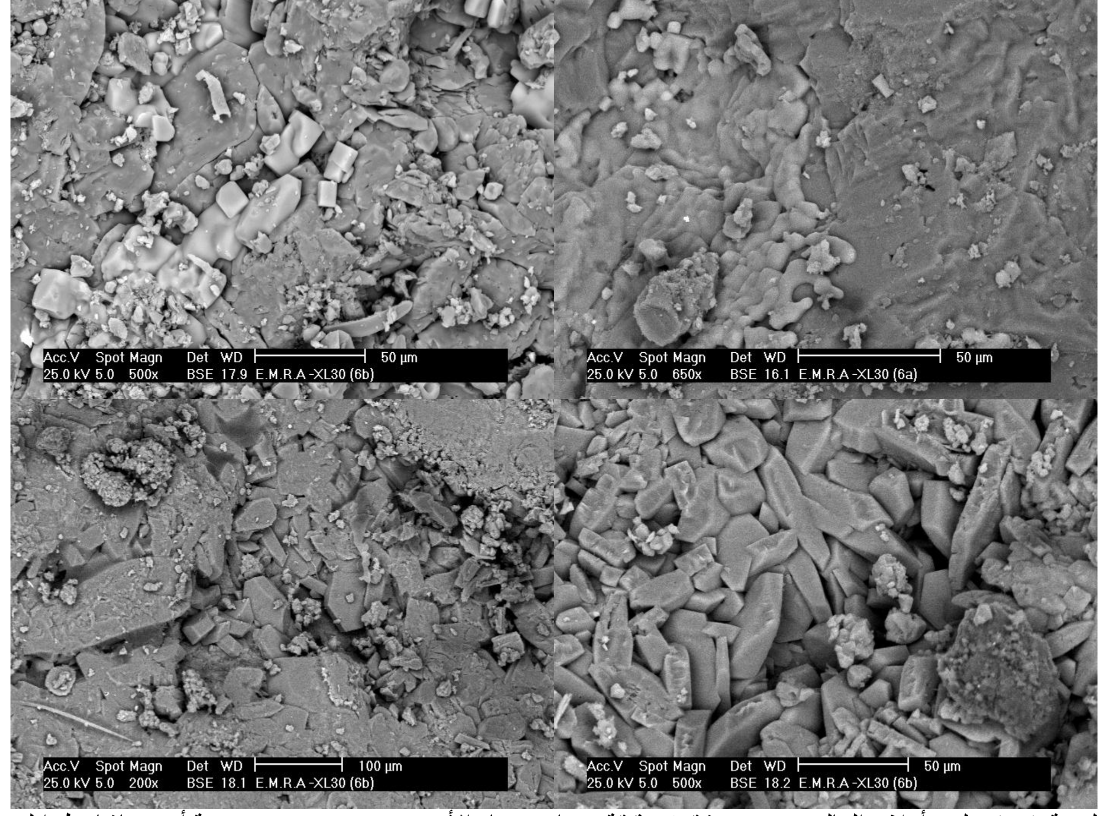
شكل (2) معطيات المناخ لمنطقة الدراسة، عن: http://www.tripoli–libya.climatemps.com

3.2 الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح The Examination by Scanning Electron Microscope SEM

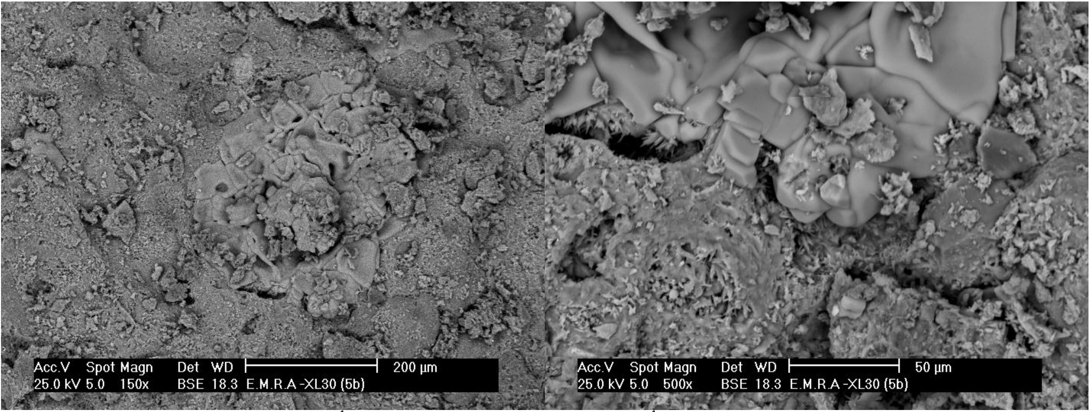
أظهرت نتائج فحص عينات مواد البناء المأخوذة من المدرسة (الأحجار، الطوب الأحمر، المونات، الشيد والخشب والأملاح) باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح[4-5] أن هناك العديد من مظاهر التلف، أهمها الشقوق الدقيقة المختلفة في الشكل والحجم بالأحجار (الحجر الجيري الرملي، الحجر الرملي الجيري، الرخام والطوب الأحمر) والمونات والشيد، ووجود فراغات وانهيار بالمادة الرابطة في الحجر الرملي الجيري، إضافة إلى وجود أملاح الهاليت والجبس بكثرة، وبخاصة ملح الهاليت بمعظم العينات، كما تظهر الشقوق الدقيقة والضعف الشديد بعينات الأخشاب (انظر اللوحات 11:17).



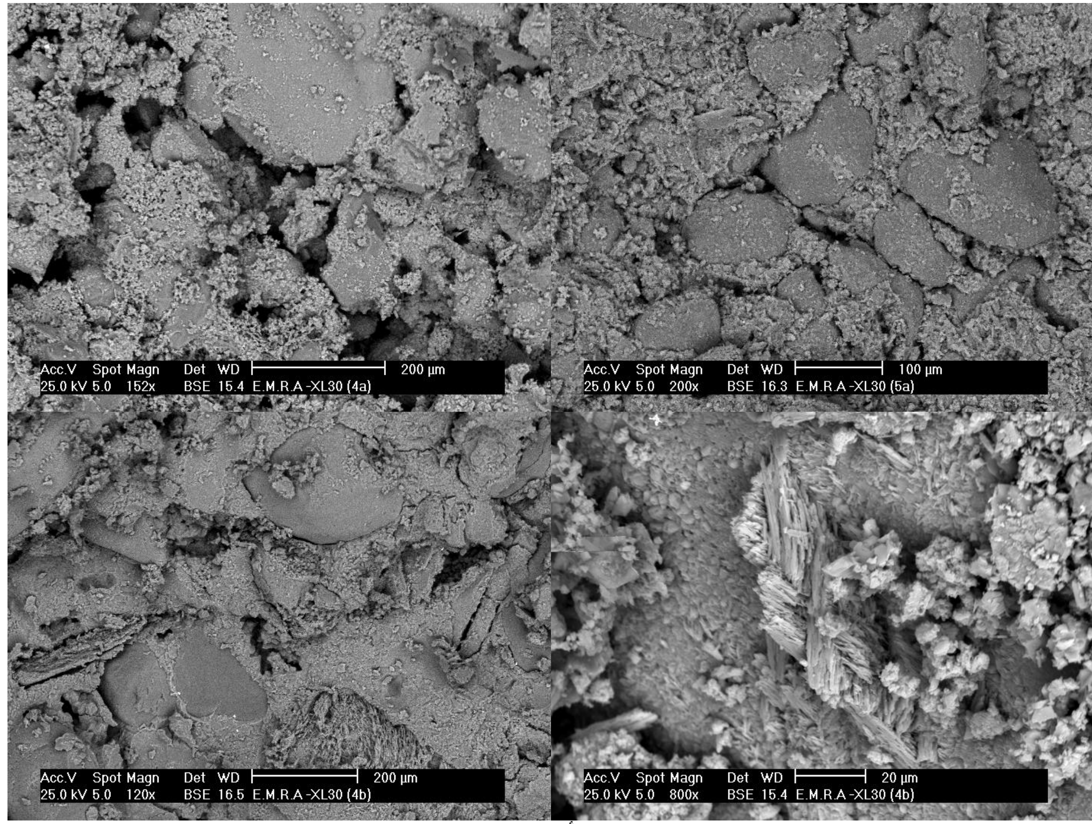
لوحة (11) شقوق وفراغات بعينات الأحجار الجيرية الرملية والرملية الجيرية وفقد في المادة الرابطة وانهيار في البنية الداخلية تحت SEM، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.



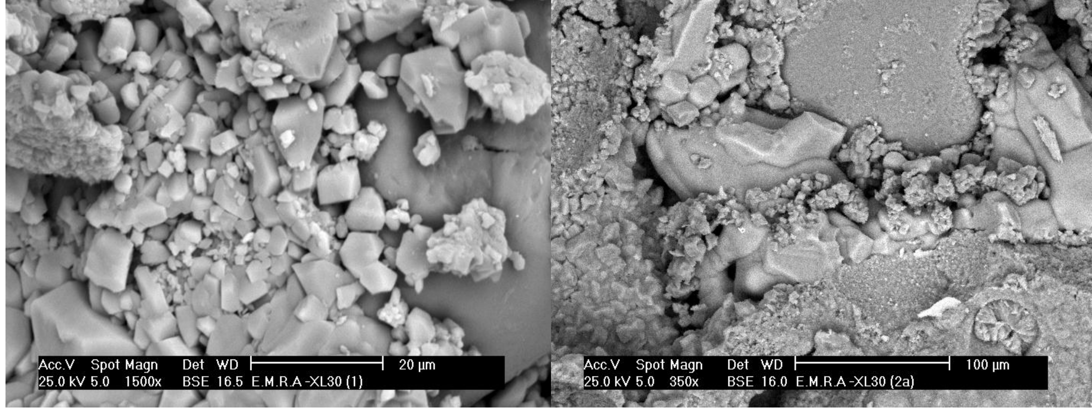
لوحة (12) تبلور أملاح الهاليت ووجود شقوق دقيقة بعينات رخام الأعمدة تحت SEM، مدرسة أحمد باشا بطرابلس



لوحة (13) شقوق وتبلور أملاح الهاليت بعينات الطوب الأحمر تحت SEM،
مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.

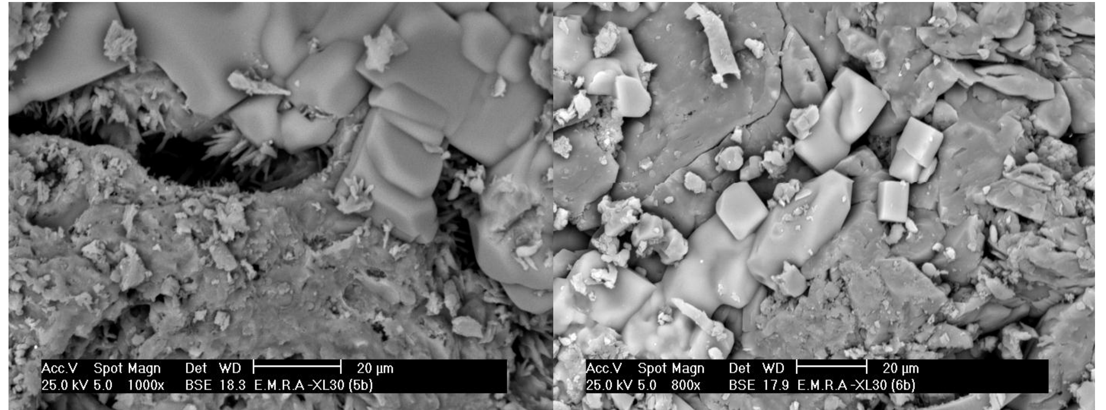


لوحة (14) فراغات وشقوق دقيقة وتبلور أملاح الجبس بعينات المونة والشيد تحت SEM،
مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.

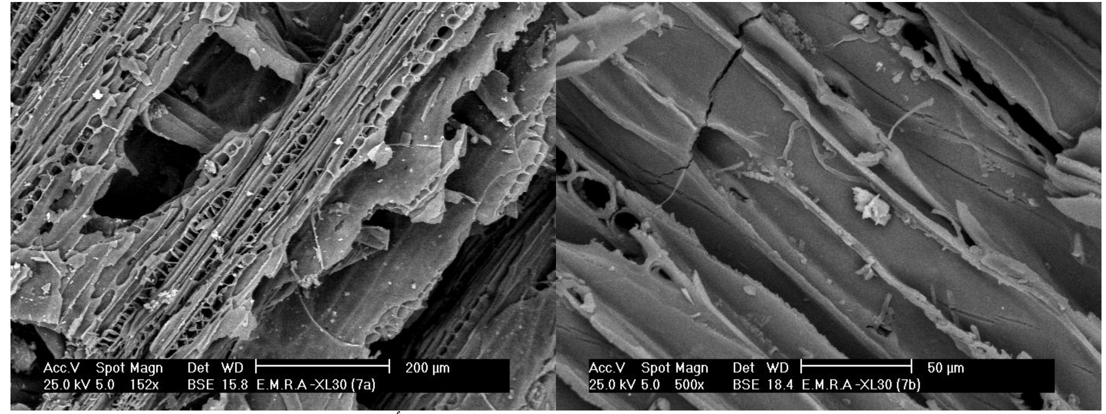


لوحة (15) تبلور ملح الهاليت ووجود شقوق دقيقة بعينات الحجر الجيري الرملي والحجر الرملي الجيري

تحت SEM، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.



لوحة (16) تبلور أملاح الهاليت والجبس وشقوق دقيقة بعينات الطوب الأحمر والرخام تحت SEM، مدرسة احمد باشا بمدينة طرابلس القديمة.



لوحة (17) نماذج من نتائج الفحص بـ SEM لعينات من الأخشاب المستخدمة في تسقيف أجزاء من المدرسة حيث تظهر الشقوق والفراغات، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة

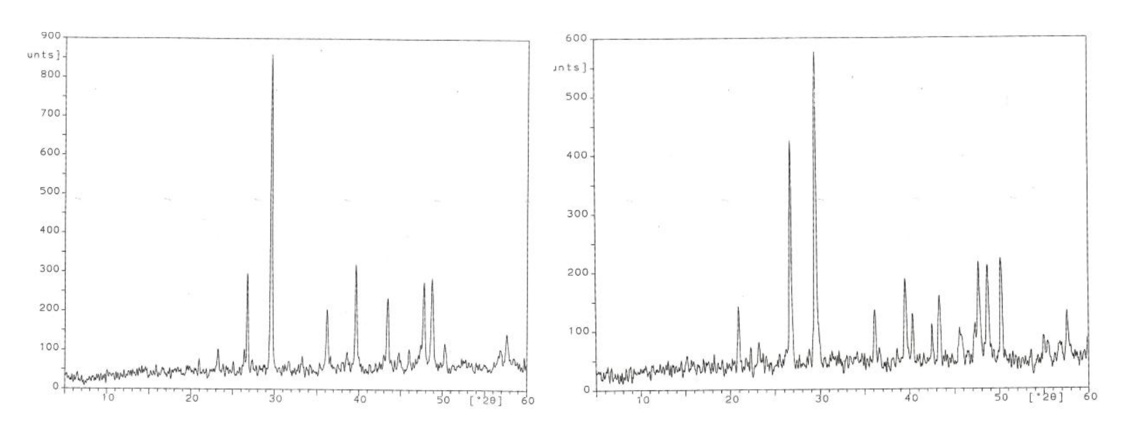
4.2 التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية Analysis by X-Ray Diffraction Method XRD

بينت نتائج تحليل العينات المأخوذة من مواد البناء المستخدمة في مدرسة أحمد باشا بطريقة حيود الأشعة السينية، أن هناك ثلاثة أنواع من الأحجار بالإضافة إلى الطوب الأحمر مستخدمة في بناء المدرسة هي: الحجر الجيري الرملي ويتكون أساسا من معدني الكالسيت Calcite $CaCO_3$ والكوارتز Quartz SiO_2 ومعدن الهاليت Halite NaCl كشائبة، بينما يتكون الحجر الرملي الحديدي أساسا من معدني الكوارتز Quartz SiO_2 والكالسيت Calcite $CaCO_3$ كمادة رابطة، ومعدن الهاليت Halite NaCl كشائبة (لوحات 20:18). أما الطوب الأحمر فيتكون من معدني الكوارتز Quartz SiO_2 والكالسيت Calcite $CaCO_3$ إضافة إلى وجود معادن الهاليت Halite NaCl والجبس Gypsum $CaSO_4.2H_2O$ ومعدن الانهيدريت Anhydrite $CaSO_4$ كشوائب (لوحة 21). كما وجد أن الرخام المستخدم في الأعمدة يتكون أساسا من معدن الكالسيت Calcite $CaCO_3$ ومعدن الهاليت Halite NaCl كشائبة (لوحة 22)، في حين وجد أن المونة والشيد بمدرسة أحمد باشا يتكونان من معدني الكوارتز

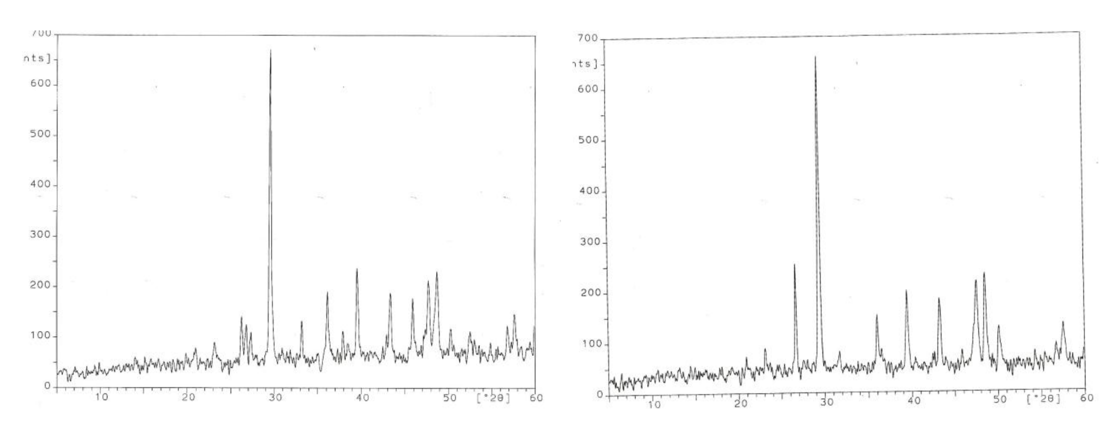
Quartz SiO_2 والكالسيت Calcite $CaCO_3$ أي أنهما عبارة عن رمل وجير (اللوحتان 23،24) إضافة إلى وجود معدن الهاليت Halite NaCl كشائبة أيضا، وقد ظهر واضحا بنتائج تحليل العينات السابقة وجود ملح الهاليت Halite NaCl بنسبة عالية، كما هو واضح باللوحات (24:18) والجدول (1).

رقم اللوحة	العينة	المعادن المكونة	
		الأساسية	الشوائب
19:18	الحجر الجيري الرملي	كالسيت، كوارتز	هاليت، هيماتيت
20	الحجر الرملي الجيري	كوارتز ، كالسيت	هاليت، هيماتيت
21	الطوب الأحمر	كوارتز ، كالسيت	هاليت، جبس، انهيدريت
22	الرخام	كالسيت	الجبس
23	المونة	كالسيت، كوارتز	هاليت، جوثيت، جبس
24	الشيد	كالسيت، كوارتز	جوثيت

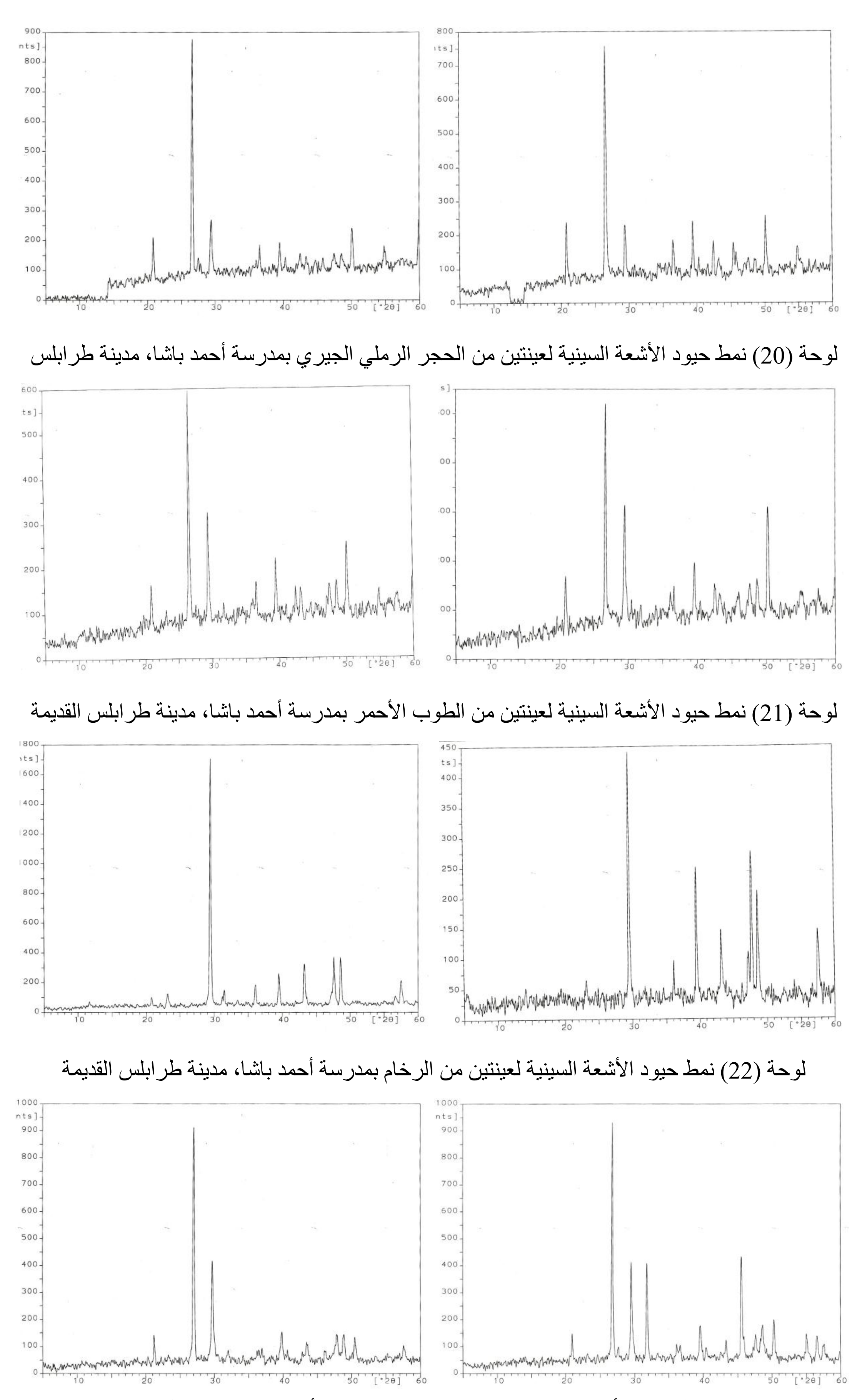
جدول (1) نتائج تحليل عينات مواد البناء بـ XRD، مدرسة أحمد باشا بمدينة طرابلس القديمة



لوحة (18) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الحجر الجيري الرملي بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس



لوحة (19) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الحجر الجيري الرملي بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس

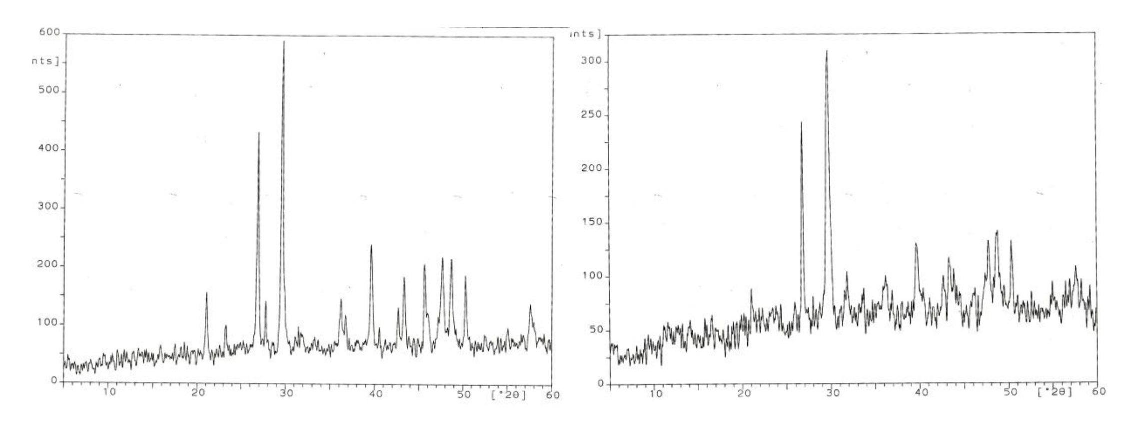


لوحة (20) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الحجر الرملي الجيري بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس

لوحة (21) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الطوب الأحمر بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة

لوحة (22) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الرخام بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة

لوحة (23) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من المونة بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة



لوحة (24) نمط حيود الأشعة السينية لعينتين من الشيد بمدرسة أحمد باشا، مدينة طرابلس القديمة

3. مناقشة النتائج Discussion of Results

اتضح من نتائج الزيارات والملاحظات الحقلية لمدرسة أحمد باشا القرمانلي، إضافة إلى معطيات المناخ لمنطقة الدراسة ونتائج الفحص والتحليل للعينات المأخوذة من مواد بناء المدرسة بكل من الميكروسكوب الإلكتروني الماسح وطريقة حيود الأشعة السينية، أن حالتها سيئة للغاية (لوحات 17:1). ويرجع ذلك إلى العديد من العوامل، سواء كانت خارجية أهمها: التغير اليومي والموسمي في درجات الحرارة والرطوبة وسقوط الأمطار، أو عوامل التلف الداخلية متمثلة في التركيب المعدني لمواد البناء وما بها من شوائب أهمها ملحا الجبس والهاليت، حيث تعتمد التجوية بمدرسة أحمد باشا بصفة أساسية سواء كانت فيزيائية Physical أو فيزوكيميائية Physiochemical أو كيميائية Chemical أو بيولوجية Biological على هذه العوامل.

فالتجوية الفيزيائية أو الميكانيكية[6] Physical or Mechanical Weathering بمدرسة أحمد باشا تعتمد على التباين اليومي والموسمي في درجات الحرارة (يصل إلى 15[5]م) واختلاف معاملات التمدد والانكماش للمعادن المكونة لمواد البناء بالمدرسة (تمدد معدن الكوارتز أعلى من معدن الكالسيت وتمدد معدن الهاليت أعلى من الكوارتز)[7]، لذا فإن الحجر الجيري الرملي والحجر الرملي الجيري والمونة وطبقات الشيد والطوب الأحمر بالمدرسة تتعرض للعديد من الاجهادات الداخلية أو السطحية، حيث تتكون جميعا من معدني الكوارتز والكالسيت، إضافة إلى وجود معدني الهاليت والجبس كشوائب بمعظم العينات المأخوذة من مواد البناء السابقة كما هو واضح بنتائج XRD (جدول1)، كما أن الرخام يتكون أساسا من معدن الكالسيت ومعدن الجبس كشائبة، ومع استمرار هذه الإجهادات تظهر شقوق دقيقة تزداد في الحجم والعدد مع مرور الوقت[8-9] وهذا ما حدث بالفعل بمدرسة أحمد باشا (لوحات 17:1)، كما يتعرض الرخام أيضا للعديد من الإجهادات على الرغم من عدم وجود ملح الهاليت (جدول1) وذلك بسبب اختلاف معاملات التمدد والانكماش بين معدن الكالسيت المكون الأساسي ومعدن الجبس الموجود كشائبة

ما يؤدي إلى مزيد من الشقوق بالأعمدة الرخامية، كما يتعرض أيضا الرخام للتقشر[10] نتيجة للإجهادات الناتجة عن التباين الشديد في معاملات التمدد والانكماش بين الطبقات السطحية والداخلية للأعمدة الرخامية[11–12].

أما عن دور التجوية الفيزوكيميائية Physiochemical Weathering في مدرسة أحمد باشا فيعتمد بصفة أساسية على وجود ملحي الجبس والهاليت بمعظم العينات المأخوذة من مواد البناء (جدول1) وإن كان ملح الهاليت أكثر انتشارا وخطورة[13]، حيث تتوافر له البيئة الملائمة من تسرب المياه لجدران المدرسة (الأمطار أو سوء شبكة الصرف والمياه بالمدرسة) وارتفاع معدلات الرطوبة بها كما هو واضح باللوحة (4) وبالتالي ذوبان الأملاح، ومع ارتفاع درجات الحرارة خلال النهار وتبخر المياه يحدث التبلور[14–15]: إذا كان داخل مواد البناء فإن الإجهادات الناتجة تؤدي إلى شقوق وتساقط أجزاء مع مرور الوقت[16]، أما إذا حدث التبلور على السطح فتكون النتيجة بقعاً بيضاء[17] كما هو واضح باللوحتين (5،10).

كما تلعب التجوية الكيميائية Chemical Weathering دورا مهمًّا في وجود العديد من مظاهر التلف بمدرسة أحمد باشا، حيث تعتمد على ارتفاع معدلات الرطوبة بالجدران[18] (الناتجة عن الأمطار كما ذكرنا سابقا أو تسرب المياه من شبكة المياه والصرف بالمدرسة للجدران أو تكاثف الرطوبة على الجدران والأعمدة) وبالتالي تؤدي هذه المياه إلى إذابة المعادن القابلة للذوبان، مثل الهيماتيت والجوثيت في الماء وهجرتها إلى السطح عند تبخر المياه وترك فجوات داخل الأحجار، مثلما هو الحال في الحجر الجيري الرملي، والرخام، والحجر الرملي الجيري[19–20] بالمدرسة (اللوحتان 11،12)، كذلك فإن معدن الجبس الموجود كشائبة ببعض العينات المأخوذة من مواد بناء المدرسة أهمها عينات الطوب الأحمر[21] تحول إلى معدن الإنهيدريت (أقل حجما من معدن الجبس بـ 39%) نتيجة لفقده للماء مع ارتفاع درجات الحرارة خاصة في أشهر الصيف ولكن مع انخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة وخاصة في أشهر الشتاء أو وصول الماء لمعدن الانهيدريت بصورة مباشرة يعود يتحول مرة أخرى إلى معدن الجبس محققا زيادة في الحجم عن معدن الإنهيدريت مقدرها 61% وبالتالي تعرض الطوب الأحمر بمدرسة أحمد باشا إلى مزيد من الإحهادات المؤدية بدورها إلى شقوق يزداد حجمها مع مرور الوقت، كما أن سقوط الأمطار وما تحمله من ملوثات (أمطار حمضية) كفيلة بتحويل جزء من كربونات الكالسيوم الموجودة بكل مواد بناء المدرسة من حجر جيري رملي وحجر رملي جيري وطوب أحمر ورخام ومونة وشيد إلى بيكربونات الكالسيوم، ومع ارتفاع درجات الحرارة سرعان ما تتحول إلى كربونات كالسيوم هشة[22] وبالتالي تزيد من ضعف البنية الداخلية لهذه المواد (كما هو واضح بعينات الحجر الجيري الرملي

والحجر الرملي الجيري تحت SEM) وتساقط أجزاء منها مع مرور الوقت مثل المونة وطبقات الشيد والرخام[23] بالمدرسة (لوحات 5:3).

أما عن تأثير التجوية البيولوجية[24] Biological Weathering على مواد البناء بمدرسة أحمد باشا فتعتمد بصفة أساسية على نمو بعض النباتات (لوحات 1،2،7) ما يؤدي إلى تشويه للأثر، إضافة إلى ما تسببه هذه النباتات من إجهادات في المناطق التي تنمو بها نتيجة إلى زيادة حجمها وأيضا امتصاصها للماء ما يؤدي إلى وجود الشقوق التي تزداد في الحجم والعدد مع زيادة نمو النبات[25].

إضافة إلى كل ما سبق تتعرض أيضا المدرسة للتلف البشري المتمثل في الإهمال الشديد من قبل المسئولين ووجود العديد من الكتابات (لوحة 10) على الجدران وعمليات الترميم الخاطئة والتي أدت إلى تشويه الكثير من أجزاء المدرسة باستخدام الدهانات الحديثة والإسمنت.

4. الاستنتاجات Conclusions

- استخدم الحجر الجيري الرملي والحجر الرملي الجيري والطوب الأحمر والرخام ومونة وشيد الجير مع الرمل في بناء مدرسة أحمد باشا القرمانلي.
- يتكون الحجر الجيري الرملي بالمدرسة أساسا من معدني الكالسيت Calcite $CaCO_3$ والكوارتز Quartz SiO_2 ومعدن الهاليت Halite NaCl كشائبة.
- الحجر الرملي الجيري المستخدم في المدرسة يتكون أساسا من معدن الكوارتز Quartz SiO_2 ومعدن الكالسيت Calcite $CaCO_3$ كمادة رابطة، إضافة إلى وجود ملح الهاليت Halite NaCl كشائبة.
- يتكون الرخام المستخدم في الأعمدة بمدرسة أحمد باشا اساسا من معدن الكالسيت Calcite $CaCO_3$ مع وجود معدن الهاليت Halite NaCl ومعدن الجبس Gypsum $CaSO_4.2H_2O$ كشوائب.
- الطوب الأحمر بمدرسة أحمد باشا يتكون أساسا من معدني الكوارتز Quartz SiO_2 والكالسيت Calcite $CaCO_3$ مع وجود معدني الهاليت Halite NaCl والجبس Gypsum $CaSO_4.2H_2O$ كشوائب.
- المونة والشيد المستخدمان بالمدرسة هما مونة وشيد الجير حيث يتكونان من معدن الكوارتز Quartz SiO_2 ومعدن الكالسيت Calcite $CaCO_3$ بالإضافة إلى معدن الهاليت Halite NaCl كشائبة.
- يوجد بمدرسة أحمد باشا القرمانلي العديد من مظاهر التلف، أهمها: الشقوق، الشقوق الدقيقة، التقشر، بقع بيضاء، فقد أجزاء، الهشاشية، تساقط طبقات المونة والشيد، الترميم

الخاطئ، نمو النباتات وذلك نتيجة للتجوية الفيزيائية أو الميكانيكية Weathering Physical or Mechanical والتجوية الفيزوكيميائية Physiochemical والتجوية الكيميائية Chemical والتجوية البيولوجية Biological، والتي تعتمد بصفة أساسية على التركيب المعدني وما به من شوائب (أهمها ملحا الهاليت Halite NaCl والجبس Gypsum $CaSO_4.2H_2O$) كعامل تلف داخلي والتغير في درجات الحرارة والرطوبة وسقوط الأمطار كعوامل تلف خارجية.

الحواشي

1 - شارل فيرو، **الحوليات الليبية في الفتح العربي ضد الغزو العثماني**، نقلها من الغربية وحققها عبد الكريم. الوافي، ط1، (بنغازي، 1998م)، 580.
2 - مسعود شقلوف وآخرون، **موسوعة الآثار الإسلامية في ليبيا**، ج1، (طرابلس، مصلحة الآثار، الدار العربية للكتاب، 1980م), 99.
[3]- http://www.tripoli-libya.climatemps.com
[4] - L Groham, **Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis** (London, 1987).
[5] - J. Goldstein et al., **Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis**, Vol. 1-2, (New York and London, Plenum Press, 1992).
[6] - D. Camuffo, "Physical Weathering of Monuments", In: **Weathering and Air Pollution**, (Milano. Mario Adda Editore. Bari, 1991), 51-66.
[7] - E. Galan, "The Influence of Temperature Changes on Stone Decay", In: **Weathering and Air Pollution**, (Milano, Mario Adda Editore, Bari, 1991), 119-128.
[8] - J. Pininska & H. R. Attia, "Mechanical and Thermal Weathering Problems of the Maadi Town Temple, Fayoum, Egypt. In the 9th", in: **International Congress on Rock Mechanics**, Paris. August 25-28, 1999, 1011-1014.
[9] - B. Tournier et al., "Stone Drying: An Approach of the Effective Evaporating Surface Area", In: **Proceeding of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, Vol. 1. Venice June 19-24 2000. Elsevier. (Amsterdam, 2000), 629-636.
[10] - U. Lindborg et al., "Thermal Stress and Weathering of Carrara, Pentelic and Ekeberg Marble", In: **Proceeding of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, Vol. 1. Venice June 19-24 2000. Elsevier. (Amsterdam, 2000), 109-118.
[11] - Lindborg et al., "Thermal Stress and Weathering ...", 109-118.
[12] - Siegesmund S., et al., Control Of Marble Weathering By Thermal Expansion And Rock Fabrics, In Proceeding of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone. Vol. 1. Venice June 19-24 2000. Elsevier. Amsterdam. 2000, 205-214.
[13] - H. Elmitwalli, "The Effect of Sodium Chloride on Archaeological Buildings in Egypt", In: **Proceeding of the The 4th Conference Capitals and Great Cities in Egypt Along the History**, Faculty of Archaeology Cairo University Al-Fayoum Branch, (Egypt, 2004).
[14] - D. Honyborne, **Weathering and Decay Masonry in Conservation of Building and Decorative Stone**, Vol. 1, (London, Butterworth-Heinemann, 1990), 153-183.
[15] - K. Malaga-Starzeg et al., "Laboratory Investigations of Weathering Behaviour of Fresh and Impregnated Limestone and Sandstone from Central Sweden", In: **Proceeding of the 9th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone**, Vol. 1. Venice June 19-24 2000, Elsevier, (Amsterdam, 2000), 349-356.
[16] - R. Rossi-Manaresi & A. Tucci, "Pore Structure and the Disruptive or Cementing Effect of Salt Crystallization in Various Types of Stone", **Studies in Conservation**, (Vol. 36. Nu. 1. 1991), 53-58.
[17] - H, Brocken & T. Nijland, "White efflorescence on brick masonry: towards prediction of efflorescence risk", In: **13th international brick/block masonry conference**, (Amsterdam, 2004), 109-114.
[18] - G. Gobert & A. Oxley, **Dampness in Buildings**, (England, Butterworths, 1991).
[19] - B. A. Richardson, **Defects and Deterioration in Buildings**, 2nd ed., (England, Butterworths, 1995).
[20] - O. Sass & H. A. Viles, "Two-Dimensional Resistivity Surveys Of The Moisture Content of Historic Limestone Walls In Oxford, UK: Implications For Understanding Catastrophic Stone Deterioration", In: **Limestone In The Built Environment: Present-Day Challenges For The Preservation Of The Past**, (London, The Geological Society, 2010), 238-249.
[21] - G. Cultrone, MJ. De La Torre, EM. Sebastian, O. Cazalla, C. Rodriguez-Navarro, "Behavior of brick samples in aggressive environments", in: **Water Air and Soil Pollution**, (Vol. 6, 2000), 191–207.
[22] - حمدان ربيع عطية المتولي، "دراسة تأثير التغير في درجات الحرارة والماء على خواص الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد قلعة كشميش الأثرية بمدينة كشميش دولني، ببولندا"، **المؤتمر الدولي الجيزة عبر العصور**، الجزء الثاني، (كلية الآثار-جامعة القاهرة، 2008), 455-487.
[23] - P. Leavengood, "Lichen Removal From Chinese Spirit Path Figures Marble", **Journal of Cultural Heritage**, 1, (Elsevier, 2000), 71-74.
[24] - R. Kumar, & A. V. Kumar, **Biodeterioration of Stone in Tropical Environments**, (USA, The J. Paul Jetty Trust, 1999).
[25] - حمدان ربيع عطية المتولي, "دراسة لأهم النباتات البرية (الحشائش) المنتشرة بالمواقع الأثرية ودورها المتلف", **مجلة جامعة المنصورة للعلوم الزراعية**, كلية الزراعة, مجلد 31, العدد 9, (المنصورة، سبتمبر2006).